

Стефания Георгиева Терзиева

**Морфомеханика на  
дланно-фалангеалната става на палеца**

**Автореферат**

На дисертационен труд за присъждане на  
образователната и научна степен “доктор”

Катедра по Анатомия при Медицински факултет на  
Лудвиг-Максимилиан Университет Мюнхен  
Ръководител: Проф. д-р Р.Пуч

Стефания Георгиева Терзиева

Морфомеханика на  
дланно-фалангеалната става на палеца

Автореферат

На дисертационен труд за присъждане на  
образователната и научна степен “доктор”

2001

Изследванията, свързани с дисертационния труд, са проведени в Катедрата по анатомия на Медицинския факултет на Лудвиг-Максимилиан Университет — Мюнхен, Германия.

Дисертационният труд съдържа 62 печатни страници, включва 8 картографски изображения на ставните повърхности, 8 рентгендензитометрични изображения, 8 изображения на разпределението на субхондралната зона на минерализация, 75 цветни изображения на разпределението на субхондралната костна плътност, 16 схеми, 21 таблици и списък на цитираната литература, съдържащ 78 заглавия.

Защитата на дисертационния труд се състоя на 13.12.2001 г. в Медицинския факултет на Лудвиг-Максимилиан Университет Мюнхен.

Официални рецензенти:

1. Проф. д-р Reinhard Putz
2. Доц. д-р H.-J. Andreß

## 1. Въведение

### 1.1. Предварителни бележки

Развиващата се при някои примати способност за опозиция на палеца представлява особена стъпка в еволюцията, която води до скок в хватателната способност. От изразителната жестикуляция до процеса на ръчния труд - опозиционната способност на палеца е свързващо звено между индивида и околната среда.

Опозицията се основава на първо място на движенията в *articulatio carpometacarpalis pollicis*, но в нея участват също и *articulatio metacarpophalangealis pollicis* и *articulatio interphalangealis pollicis*. Всяка от тези стави участва по специфичен начин в осъществяването на хватателните движения.

Разнообразното активно участие на дланно-фалангеалната става на палеца в различни производствени и спортни дейности корелира с висок риск от травми, което я превръща във важна област на спортномедицинската и ортопедична практика.

При спортове като волейбол, баскетбол, каране на ски, тласкане на гюле често се срещат дисторзии, луксации или фрактури.

С напредване на възрастта значение добиват дегенеративните промени, засягащи *art. metacarpophalangealis pollicis*. Патологични процеси, локализирани първично върху тази става, въздействат неблагоприятно и върху функцията на съседните стави на палеца. Така те способстват за възникването и напредването на дегенеративни изменения на целия ставен комплекс на първи пръст.



## 1.2. Форма и функция на дланно-фалангеалната става на палеца

### 1.2.1. Анатомичен строеж

Анатомичният строеж на *art. metacarpophalangealis pollicis* и на *art. interphalangealis pollicis* отразява функционалните изисквания към тях (Barmakian, 1992). Те трябва да осигурят от една страна оптимален обхват на движенията и да гарантират тяхната стабилност от друга.

Относно формата на ставните повърхности съществуват различни становища.

Формата на *caput ossis metacarpalis* е описана от Aubriot (1988) като трапецовидна. Изхождайки от амплитудите на движенията и от съотношенията между кривините, Reimann и Ebner (1980) приемат, че главата на първа метакарпална кост има форма на елипсоид. Aubriot (1988) описва формата на основата на проксималната фаланга като овална.

Важна роля за нормалната ставна функция играе комплексът от ставни връзки и ставната капсула. От него зависи рзпределението на натоварването. Освен това той контролира отклонението на ставните тела в крайните фази на движенията. Решаваща е неговата роля в крайните фази на максималните движения, когато той повлиява благоприятно позицията на резултиращата. Ставната капсула е подсилена със система от връзки (Aubriot, 1988).

*Lig. collaterale laterale* и *lig. collaterale mediale* с увеличаване степента на флексия увеличават напрежението си.

Това е основен механизъм, гарантиращ стабилността на редица стави. Чрез ставните връзки се осигурява защита срещу свръхнатоварване. Поради напрежението на колатералните връзки ставните повърхности са притиснати една към друга. По този начин се осигурява разпределение на действащата сила върху цялата контактна повърхност. Това е от голямо значение, защото контактната повърхност в крайните фази на движението, особено на флексията, е помалка, отколкото при средна степен на флексия и по време на екстензия. Специфичен е и строежът на предната стена на ставната капсула. Тук се намира една подсилваща пластинка, наречена *lig. palmare*, в която са интегрирани двете сезамовидни костици, с които чрез юздички са свързани двата колатерални лигамента. Между двете костици има здрав съединителнотъканен мост, под който минава сухожилието на *m. flexor pollicis longus*. Изследванията на Putz и Sowa (1997) доказват наличието на менискуси в тази става и показват значимостта на тяхната интактност. Разпределението на изграждащата ги тъкан отразява по специфичен начин механичното натоварване. Двата менискуса са изградени от влакнест хрущял, което съответства на участието им в пренасянето и разпределението на натоварването. Ставата е обградена и от редица мускули, които определят от една страна нейната кинематика, а от друга са от решаващо значение за нейната стабилност.

### 1.2.2. Кинематика

Някои автори считат, че ставите на палеца трябва да се разглеждат като функционална единица. Von Lanz и Wachsmuth (1959) разглеждат тази става

морфологично и функционално като Scharniergelenk. Russe (1971) и Hirsch и сътр. (1974) подкрепят това виждане.

Според Reimann и Ebner (1980) се касае по-скоро за елипсовидна става.

Противоречиви са литературните данни и относно обема на движенията в ставата.

Например van Wetter (1971) определя средна стойност на флексията от  $53^\circ$  и средна стойност на екстензията от  $8^\circ$ . Според Reimann и Ebner (1980) средната стойност на флексията достига  $40^\circ$ - $60^\circ$ . Като средна амплитуда на флексия-екстензия те определят  $50^\circ$ - $70^\circ$ .

Von Lanz и Wachsmuth (1959) застъпват схващането, че е възможна максимална флексия между  $50^\circ$  и  $70^\circ$ . Reimann и Ebner (1980) дават максимална активна аддукция от  $10^\circ$ - $20^\circ$ . От литературния обзор може да се направи изводът, че размерът на двигателния обхват на дланно-фалангеалната става на палеца има голяма индивидуална вариабилност.

### 1.2.3. Патологични промени

С напредване на възрастта функцията на палеца все повече бива повлиявана от патологични промени. Когато такива патологични процеси засегнат една от ставите на палеца, те влияят отрицателно и на съседните стави на първи пръст. Най-честите форми на артроза се базират в крайна сметка на механичен пусков механизъм (Eckstein и сътр., 1994), който води до нарушения в целия ставен комплекс на първи пръст.

Според Koebke и Thomas (1979) артрозата на art. sacrometacarpalis pollicis има първично механична обусловеност. Те считат, че за това е отговорна пронаторната ротация, възникваща в хода на опозицията

на палеца. Тази пронаторна ротация води до инконгруентно положение на ставните повърхности, свързано с намаляване на контактните повърхности и с възникването на максимуми на напрежение. Една напреднала артроза на art. carpometacarpalis pollicis се характеризира с аддукционна контрактура на първа метакарпална кост и хиперекстензия в дланно-фалангеалната става на палеца (Helbig и Steinbach, 1978). За компенсаторна хиперекстензия на дланно-фалангеалната става на палеца докладват и Hautefeuille и Duquesnoy (1991). Относно патологията на дланно-фалангеалната става на палеца има твърде оскъдни литературни данни. Изследванията на Koebke (1983) показват, че хрущялните лезии на главата на първа метакарпална кост се появяват първо в радиалната част на ставната повърхност. Според автора те са израз на локално нефизиологично високо напрежение. Много автори работят върху травматичните аспекти, при което в литературата се дискутират от една страна травматологичните механизми, а от друга - терапевтичните мерки. Според Sakellarides и De Weese (1976) хроничната нестабилност на ставата може да се счита като предразполагащ към артроза фактор.

### 1.3. Основни принципи на ставното натоварване

Натоварването на ставата се определя от действащите сили. То се изразява чрез положението и величината на резултиращата, която се представя чрез векторната сума на силите. За разпределението на локалното напрежение определяща е локализацията на точката на контакт на резултиращата (Pauwels 1963, Kummer 1968).

Разпределението на напрежението се определя от съответствието между ставните повърхности (Pauwels 1963; Tillmann, 1988; Eckstein, 1994). Ако конвексната ставна повърхност (ставната глава) е в незначителна степен по-голяма от конкавната ставна повърхност - ставната ямка, то поемането на товара при малки натоварвания ще се извърши от малка, периферно разположена контактна зона. С увеличаване на товара нараства и контактната повърхност в посока центъра на ставната ямка, което, в зависимост от еластичността на ставните повърхности, води до намаляване на напрежението.

Този принцип позволява обусловено от силата съответстващо разширение на подложените на натоварване повърхности. При по-плоска ставна ямка контактната повърхност първоначално се ограничава в централната област. В този случай тя може да се разшири в малка степен по посока на периферията. Стави с такъв тип инконгруентност имат малки компенсаторни възможности. С помощта на финит-елемент модели (FEM) могат да бъдат описани локалните напрежения (Merz и сътр., 1997). В случай на несъответствие с по-голяма ставна глава в зоната на контакт се доказват напрежения на натиск, докато в дълбоките части на конкавната повърхност възникват напрежения на опън (Schoen и сътр., 1998).

Между разпределението на напрежението и разпределението на субхондралната костна плътност съществува изразена корелация. Поредица от изследвания показват, че тя може да се разглежда като директен морфологичен параметър на натоварването.

Разработеният от Mueller-Gerbl и сътр. (1989, 1990, 1992) метод на СТ-остеоабсорбциометрия (СТ-OAM) предлага неинвазивно установяване на субхондралната костна

плътност. Този метод позволява ставна диагностика и контролиране на постоперативната адаптация на ставите. Разпределението на дебелината на субхондралната пластинка също е морфологичен параметър на разпределението на възникващите напрежения, като изследванията показват, че конкавните повърхности се характеризират с по-високи стойности на този параметър от конвексните.

#### 1.4. Поставени проблеми

Твърде различната преценка на дланно-фалангеалната става на палеца, както по отношение на нейната нормална анатомия, така и по отношение на причините за патологични изменения, води до заключението, че основите на нейния строеж още не са изяснени.

Функционалната интерпретация на отделните елементи на ставата би позволила достатъчно заключения относно задвижващите патологичните процеси механизми, които в крайна сметка имат за основа механични причини.

Моделите на плътността на участващите ставни повърхности са решаващият параметър за разбиране и анализ на възможностите на тази става, която трудно може да бъде преценена сама за себе си, имайки предвид нейното участие като съставен елемент на ставния комплекс на първи пръст. Едновременната преценка на моделите на плътност и ставната геометрия би могла да даде ключ към разбирането на взаимовръзката и взаимозависимостта между формата и функцията на тази става.

#### 1.5. Поставяне на цели

Целта на тази работа е да анализира индивидуалната адаптация на дланно-фалангеалната става на палеца към преобладаващата механична ситуация. За осъществяването на тази задача бяха анализирани следните морфологични параметри:

1. Геомерия на ставните повърхности
2. Дебелина на субхондралната зона на минерализация
3. Субхондрална костна плътност

Изследванията ни бяха подчинени на следните конкретни цели:

1. Математически анализ и удобно за интерпретация изобразяване на геометрията на ставните повърхности.
2. Определяне на дебелините на субхондралната зона на минерализация и изобразяване на разпределението на този параметър.
3. Определяне на субхондралната костна плътност и изобразяване на нейното разпределение.
4. Функционални изводи, основаващи се на анализа на трите морфологични параметъра.
5. Анализ на възможностите за клинично приложение.

## 2. Материал и методи

### 2.1. Геометрия на ставните повърхности

За изследването на геометрията на ставните повърхности бяха използвани 4 анатомични препарата от дисекционен материал. Касае се за материал, фиксиран с формалин по стандартна методика. След освобождаването от сухожилия и връзки и след внимателното отстраняване на ставната капсула, ставните повърхности бяха изследвани за хрущялни лезии, като за по-нататъшно изследване бяха

подбрани само препарати с гладка хрущялна покривка, без белези на дегенеративни промени. С помощта на измервателен уред бяха определени координатите на 25 точки за всяка ставна повърхност, като разстоянието между отделните точки беше 2.5 мм. За начертаването на крива от втора степен наличието на 5 точки е необходимо и достатъчно условие. За целите на математическото изследване бе използвано общото уравнение на криви от втора степен, в което бяха въведени координатите на всяка изследвана точка. Получени бяха линейни системи, състоящи се от 5 уравнения, които бяха решени с помощта на компютърна програма - Mathcad. Чрез заместване в уравненията бе извършена проверка на верността на получените резултати. Анализът на вида на кривите бе направен на базата на матрица. Общите уравнения бяха използвани за изготвянето на картографски изображения на ставните повърхности. Чрез компютърна програма - Maple бяха подготвени изображения на ниво-линиите на ставните повърхности.

## 2.2. Дебелина на субхондралната пластинка

Дебелината на субхондралната пластинка бе изследвана на избрани препарати, които не показваха макроскопски дегенеративни хрущялни промени. Касае се за срезове, използвани за провеждане на рентгеновото денситометрично изследване.

Отделните срезове бяха подложени на обезводняване във възходяща редица от алкохоли и на обезмасляване в ацетон. След това бяха поставени в метилметакрилат, който бе оставен да полимеризира на водна баня при



постепенно повишаващи се температури. След приключване на полимеризацията с К-микротом бяха изготвени срезове с дебелина 100  $\mu\text{m}$ .

Морфометричното изследване бе проведено с помощта на Vidas - образ анализираща система. Първо бе проведено калибриране по X и Y. След дигитализирането на всеки препарат се извършваше измерването на дебелините, което се провеждаше перпендикулярно на повърхността. За всяка ставна повърхност бяха определени 70-80 стойности на този параметър. Разстоянието между отделните точки на измерване бе около 1 mm. Въз основа на получените стойности бяха изготвени изображения на разпределението на дебелините на субхондралната зона на минерализация за всяка ставна повърхност.

Определянето на линиите с еднаква дебелина бе проведено чрез линейна интерполация между съседни стойности. На базата на съвкупността от изолинии (Isocrassiden - Milz, 1993) бяха получени индивидуалните карти на разпределението на дебелините на кореспондиращите си ставни повърхности.

Въз основа на разположението на максимумите, резултатите бяха обобщени и бяха получени следните типове:

Caput ossis metacarpalis

Тип А - полиморфен модел (максимуми на различни места, предимно в дорзалната част)

Тип В - предимно централно положение на един или повече максимуми

Тип С - един или повече максимуми в дорзалната и/или радиалната област

Basis phalangis proximalis

Тип А - полиморфен модел (максимуми на различни места, предимно в централната област)

Тип В - предимно централно положение на един максимум

Тип С - един или повече максимуми в дорзалната и/или радиалната област

Тип D - един или повече максимуми в палмарната област

## 2.3. Плътност на субхондралната зона на минерализация

### 2.3.1. СТ - остеоабсорбциометрия (СТ-ОАМ)

За определяне на плътността на субхондралната пластинка бяха изследвани 75 ставни препарата. Касае се за дисекционен материал. Съотношението между половете е 31 мъже и 44 жени. Препаратите бяха изследвани с компютърен томограф (Picker) и бяха изготвени сагитални срезове с дебелина 1 mm. За СТ - изображението бе използван квадратен матрикс, обхващащ 512x512 пиксела. Получените СТ - данни бяха обработени чрез метода на СТ-ОАМ, разработен от Mueller-Gerbl и сътр. (1989, 1990, 1992). Чрез програма за обработка на образи Analyse® бе извършена първоначално 3-измерна реконструкция на двете ставни повърхности. Следващият етап включваше изолиране на субхондралната пластинка от всеки срез и последваща реконструкция на субхондралната костна плътност. За по-добро визуализиране на разпределението на плътността бе проведено т. нар. “белязване с фалшиви цветове” (Falschfarbenbelegung). Заключителният етап от обработката се изразяваше в проекциране на цветното изображение на разпределението на плътността на субхондралната зона на минерализация върху триизмерно

реконструираната ставна повърхност на всеки от ставните партньори.

Прилагането на растер за установяване на положението на максимумите на плътността улеснява преценката на резултатите.

Резултатите бяха обобщени по следния начин:

*Caput ossis metacarplis*

Тип А - полиморфен модел (максимуми на различни места, особено в дорзалната част)

Тип В - предимно централно положение на един или няколко максимума

Тип С - един или няколко максимума в дорзалната и/или радиалната област

Тип D - един или повече максимуми в палмарната област

*Basis phalangis proximalis*

Тип А - полиморфен модел (максимуми на различни места, предимно в централната област)

Тип В - предимно централно положение на един максимум

Тип С - един или няколко максимума в дорзалната и/или радиалната област

Тип D - един или няколко максимума в палмарната област

### 2.3.2. Рентгенова денситометрия

Методът на рентгеновата денситометрия бе използван като съпровождащ, сравнителен метод. Изследването бе проведено на 4 анатомични препарата от дисекционен курс. Първо бяха отделени меките тъкани и ставните връзки и бе отворена внимателно ставната капсула. След това ставните

повърхности бяха огледани за наличие на хрущялни лезии. За изследването бяха използвани препарати, които не показваха нарушения на хрущялната покривка. От тези препарати бяха подготвени сагитални срезове с дебелина 1 mm.

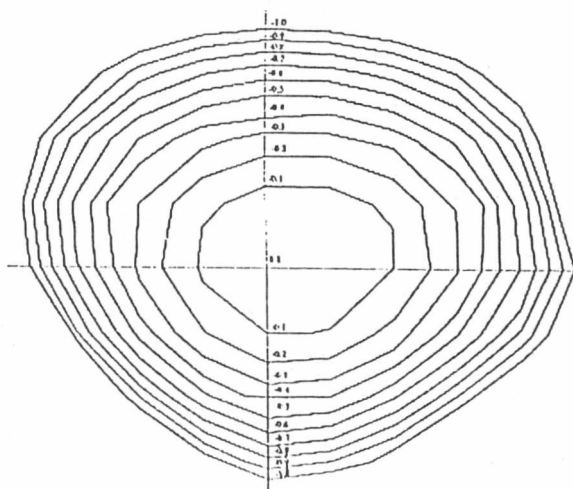
Контактните рентгенографии бяха направени с помощта на рентгенов апарат Faxitron. Първо бе проведена серия от пробни рентгенографии, за да се установят оптималните параметри.

Полученият стандарт (35 sek., 70kV) бе прилаган при всички препарати. Рентгеновите снимки бяха дигитализирани с помощта на система от камера, монитор и компютър. Приложена бе компютърна програма Photoshop 2.5. Получените вследствие на компютърната обработка цветни изображения онагледяват разпределението на плътността в отделния срез. Плътностните области бяха проекцирани върху схематична скица на ставните повърхности. По този начин бе получена карта на разпределението на плътността, която може да бъде сравнявана с моделите на разпределение на плътността, получени чрез СТ-ОАМ.

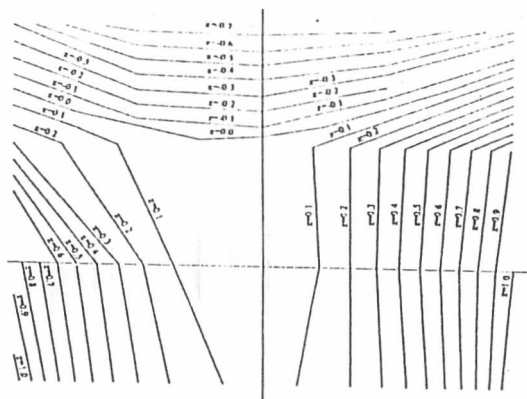
#### 2.4. Дегенеративни изменения

На 25 препарата бе проучена локализацията на дегенеративните промени на ставния хрущял. За описанието им бе използван растер.

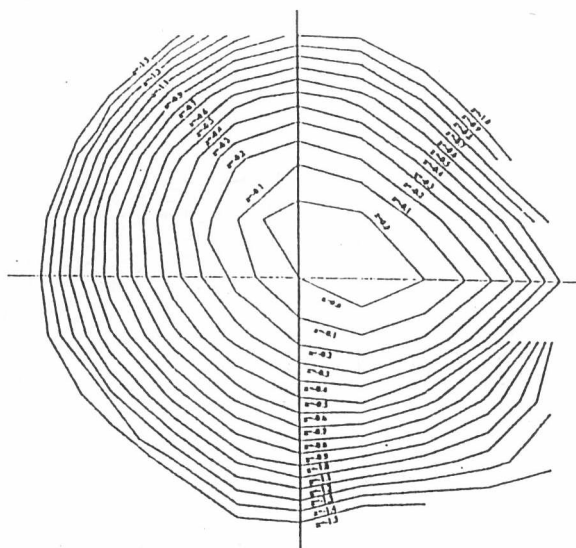
### 3. Резултати и обсъждане



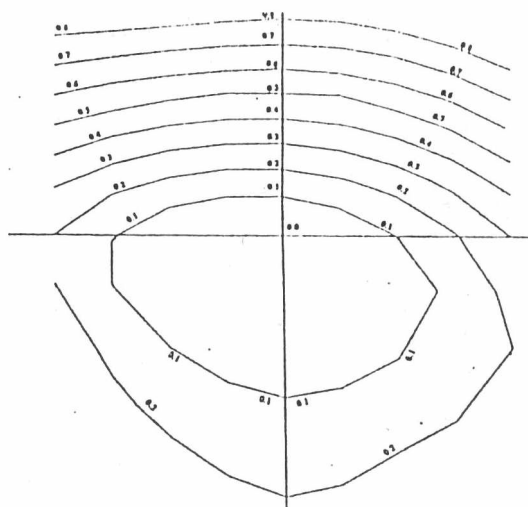
Caput ossis metacarpalis I (06/96 li)



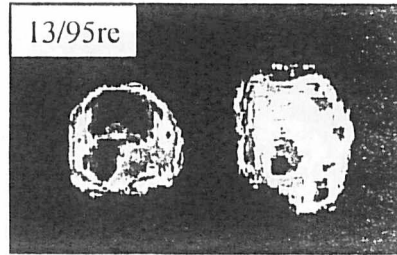
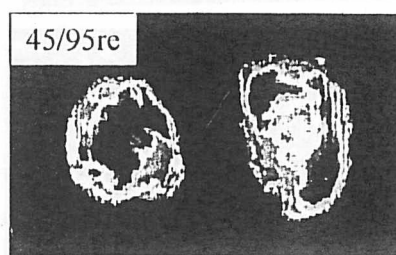
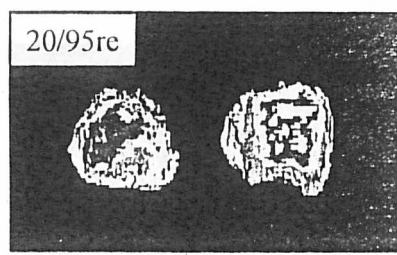
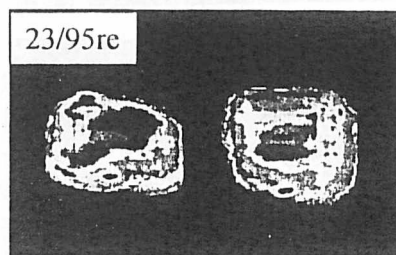
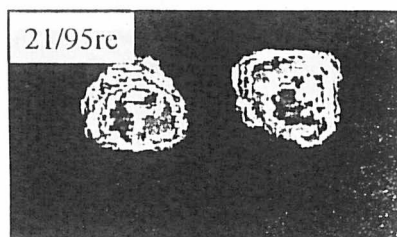
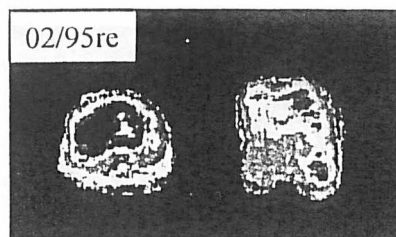
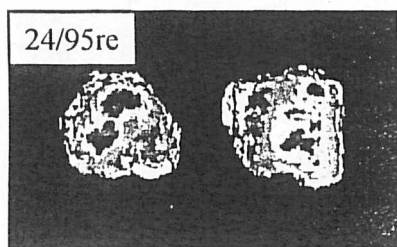
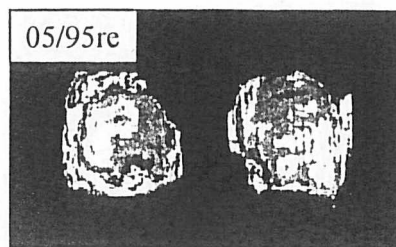
Basis phalangis proximalis I (06/96 li)



Caput ossis metacarpalis I



Basis phalanis proximalis

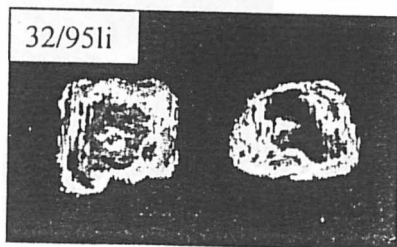
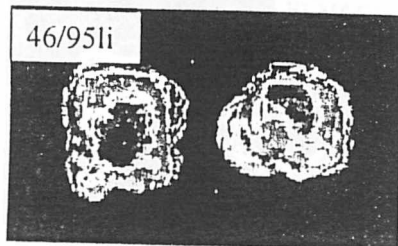
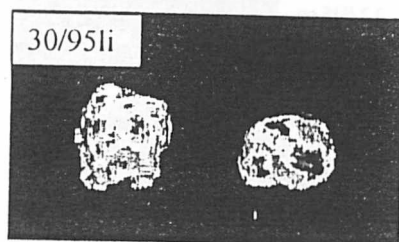
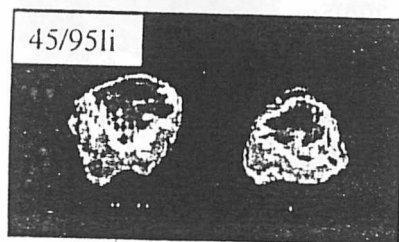
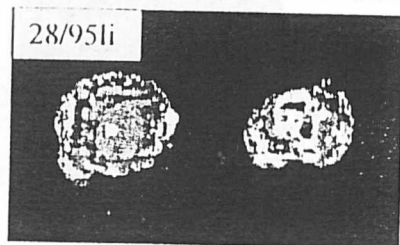
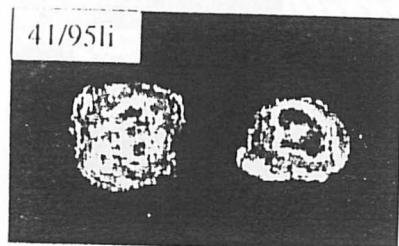
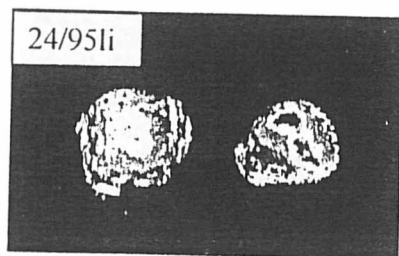
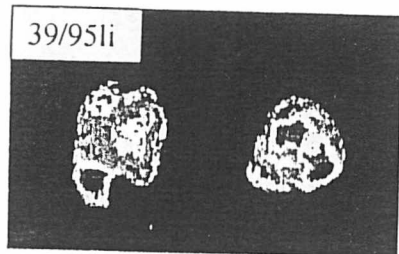


Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput os  
metacarpalis I



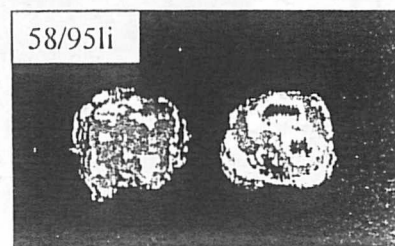
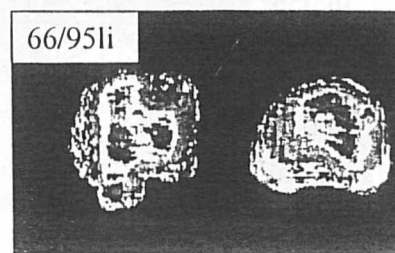
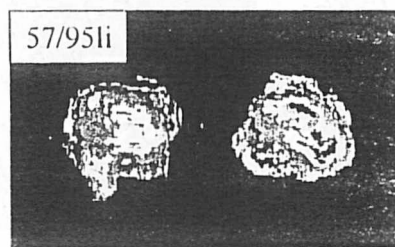
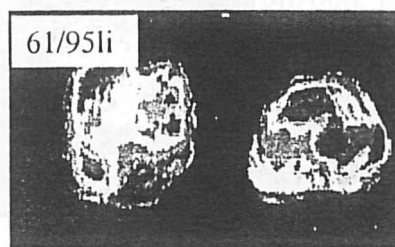
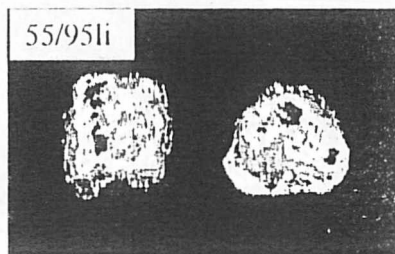
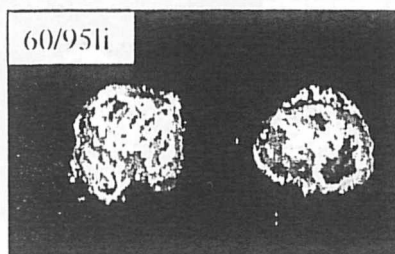
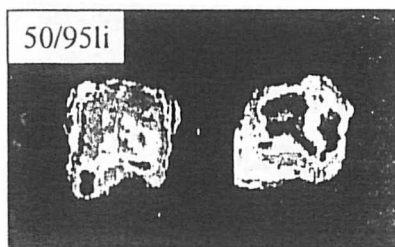
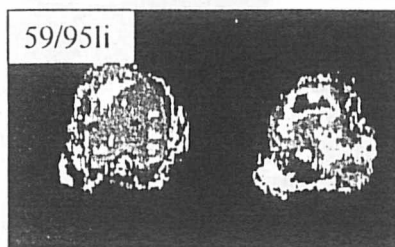
Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I



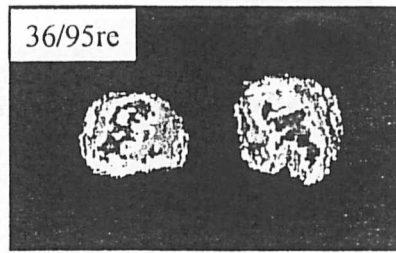
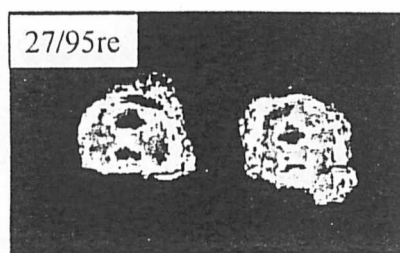
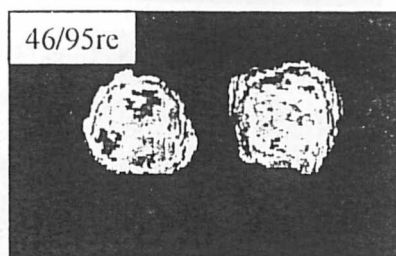
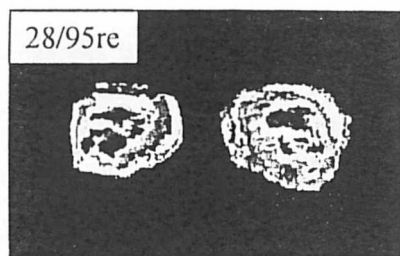
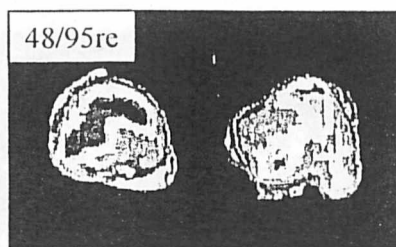
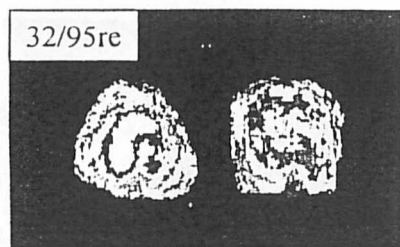
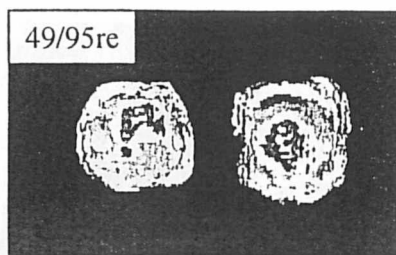
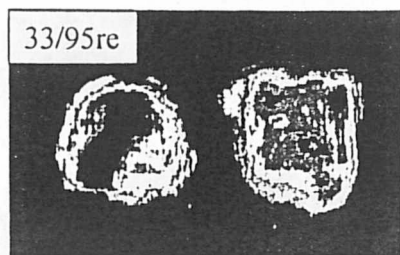


Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I



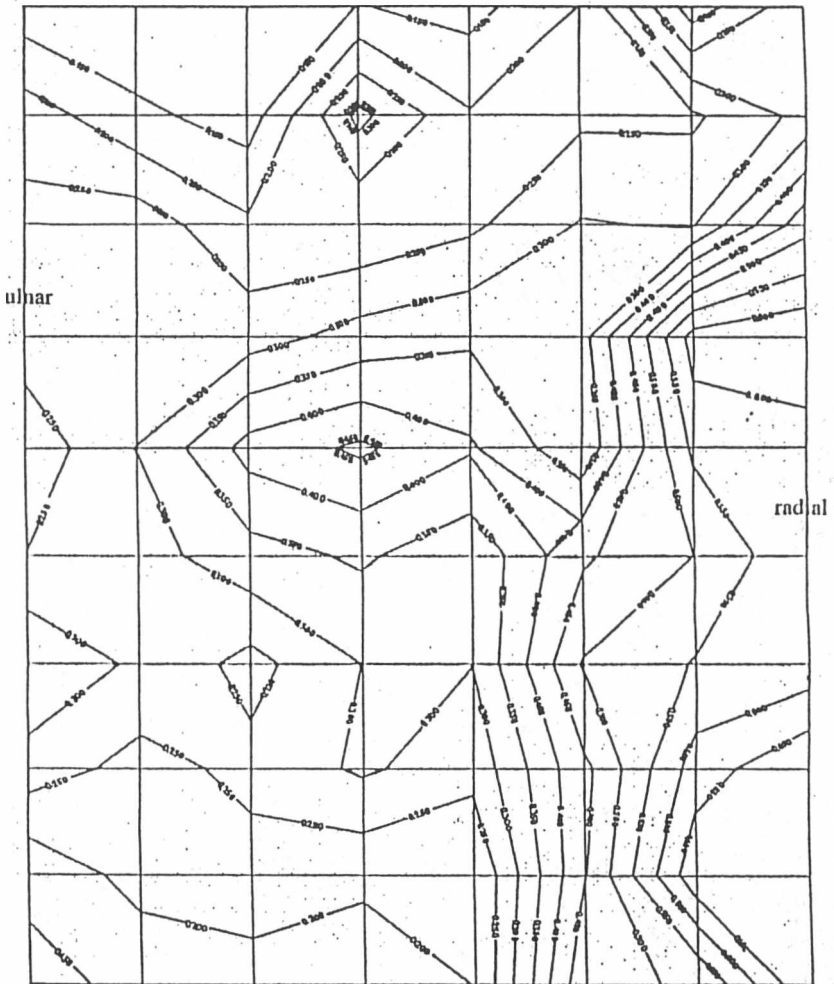
Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

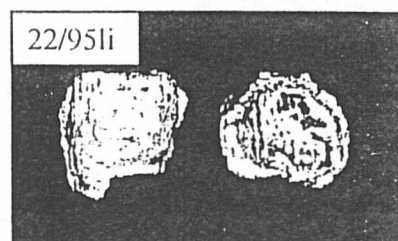
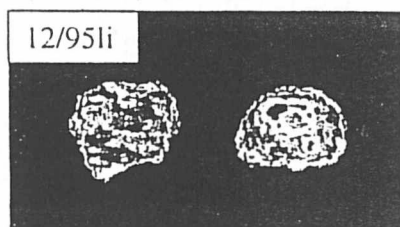
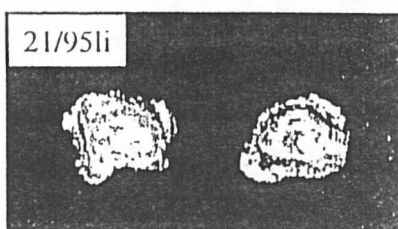
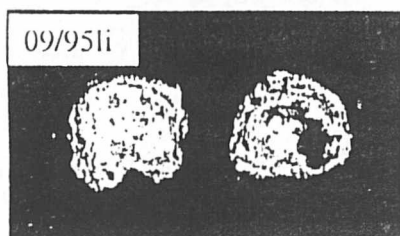
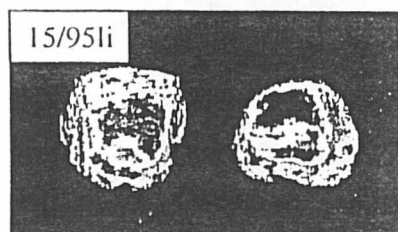
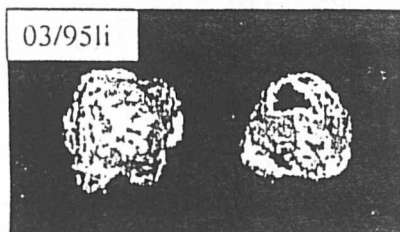
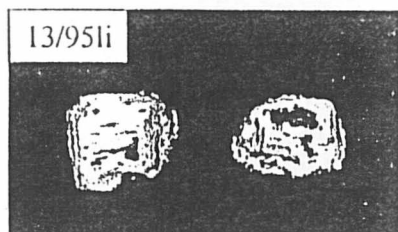
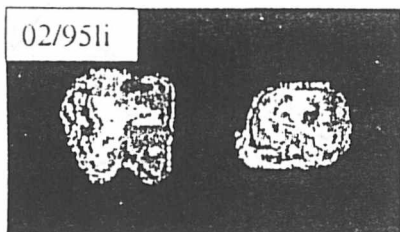
Basis phalangis  
proximalis I

Caput os  
metacarpalis I

dorsal



Caput ossis metacarpalis I

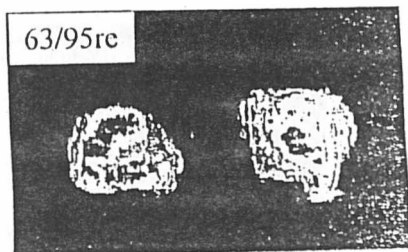
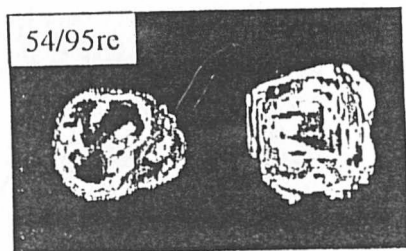
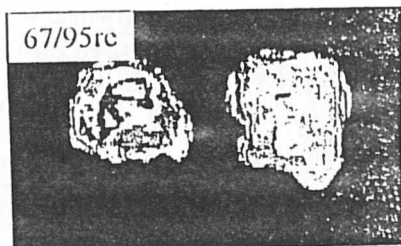
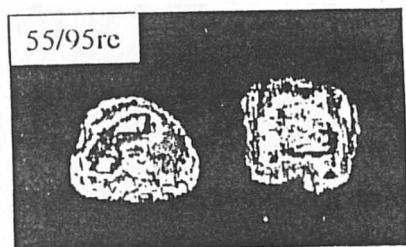
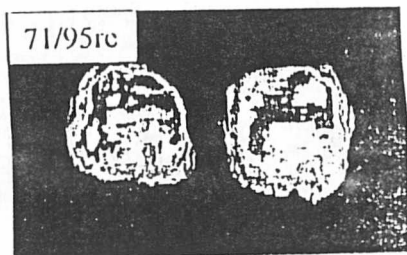
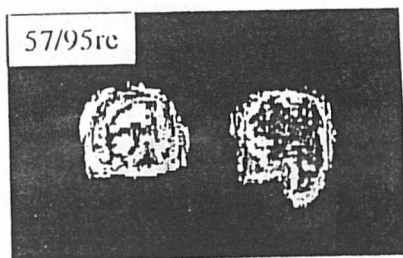
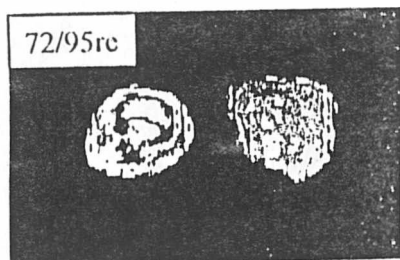
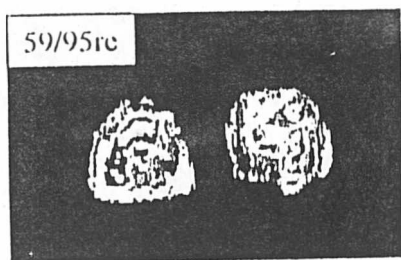


Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

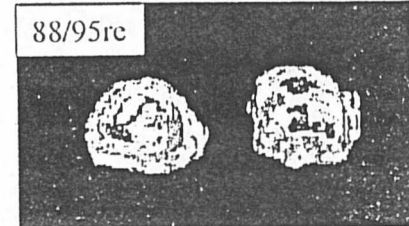
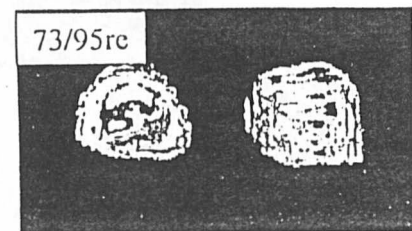
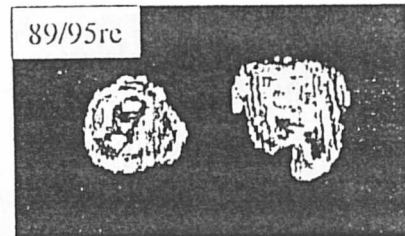
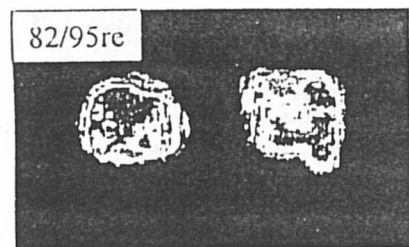
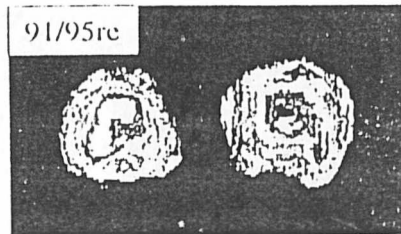
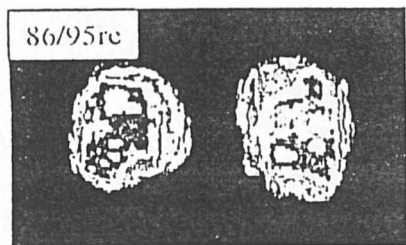
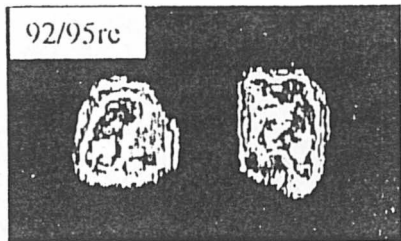
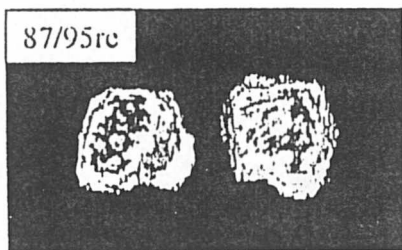


Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput os  
metacarpalis I



Basis phalangis  
proximalis I

Caput ossis  
metacarpalis I

Basis phalangis  
proximalis I

Caput os  
metacarpalis I

Подробният математически анализ на геометрията на ставните повърхности доказва, че са налице криви от втора степен, а именно елипси и хиперболи, като меридианите са предимно елипси, а паралелите - преобладаващо хиперболи, което предполага наличието на инконгруентност.

Картографските изображения на главата на първа метакарпална кост показват като общ признак една най-често централно разположена плоска област, която слиза с различна стръмност по посока на периферните зони. Конкавната ставна повърхност на основата на проксималната фаланга показва платовидни централни участъци (фиг.1, 2).

Измерванията, проведени на хистологични срезове, залегнаха в основата на изготвените впоследствие картографски изображения на ставните повърхности (фиг.7). Резултатите показват висок хетерогенитет на този параметър, като преобладава тип А. Максимумите са локализирани най-вече в централната и дорзалната области. Палмарните и улнарните зони показват по-ниски стойности. Характерна особеност са по-високите стойности на този параметър за конкавната ставна повърхност в сравнение с конвексната. Това наблюдение съответства на резултатите на Dewire и Simkin (1996); Simkin и сътр. (1980, 1991), които ги интерпретират като следствие от различните типове на стрес при натоварване. Според тях конвексната ставна повърхност е подложена предимно на компресивен, а конкавната - на тензилен стрес.

Дебелината на субхондралната зона на минерализация на дланно-фалангеалната става на палеца е в пропорционална

взаимозависимост с дълготрайно действащото натоварване и нейното разпределение отразява механичната ситуация в ставата.

Целта на изготвянето на денситометрични изображения беше представяне на финото разпределение на минерализацията. Те дават особено добре диференцирана картина на размера на отделните степени на плътност, т.е. илюстрират третото измерение на минерализацията.

Резултатите от проведените изследвания посредством метода на СТ-ОАМ показват 4 типа на положението на максимумите на плътност на субхондралната костна пластинка за *caput ossis metacarpalis* (фиг. 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10). Често срещан е тип С, при който максимумът обхваща предимно дорзалната област. Тип А може да се разглежда като централен тип на разположение на максимума с разширение на полетата с висока плътност в дорзална посока. Специфичността на преобладаващите модели е израз на пластичитета на субхондралната минерализация, чрез който се манифестира многообразието от натоварвания в тази става. При мъже преобладава тип А, като е честа ориентацията на максимумите по посока на периферията. При жени също преобладава тип А.

На фигурите са представени отделните типове на разпределение. Препарат 45/95li показва полиморфния тип А. Тип В се илюстрира от препарат 91/95re, а тип С - от препарат 58/95 li. Тип D - палмарно разположение на максимума е представен на препарат 13/95li.

Ако се обобщят резултатите, за главата на първа метакарпална кост се установява, че при 31 препаратата е



налице максимум в централната област. Често се наблюдава ориентация на максимумите на плътността в посока на периферията. Тази тенденция се среща при 24 препаратата с полиморфен модел. 46 препаратата показват максимум в дорзалната област или зона с висока плътност. Ако се обобщят всички препарати, показващи максимуми с ориентация към периферията на ставната повърхност, броят им възлиза на 59. По този начин достигаме до важен, основен принцип за тази става.

Прегледът на разпределението на отделните типове в различните възрастови групи не показва наличие на тенденции.

Моделите на разпределение на плътността отразяват нормалните възрастови промени на ставните повърхности. За основата на проксималната фаланга преобладаващ е тип С. Препарат 45/95li показва тип А. Препарат 98/95li илюстрира предимно централно положение - тип В, а препарат 67/95re - тип С. Препарат 60/95li представя тип D. Голяма част от препаратите, обединени в тип А, показват допълнителен дорзален максимум, което е показател, че преобладаващата дорзална концентрация на субхондралната костна плътност е характерна за конкавната ставна повърхност.

Относително слабо определената форма на ставните повърхности е в основата на тези типове на плътностно разпределение и заедно с това е израз на специфичния вид на натоварване.

Характерно за конкавната ставна повърхност е наличието на по-малки или по-големи дорзални максимуми, които се интерпретират като зони, подложени на по-високо натоварване. Високата честота на полиморфния тип А е

доказателство за хетерогенността на натоварването в тази става.

Разпределението на напреженията е без съмнение във взаимовръзка и взаимозависимост със специфичната геометрия. Тя е представена от два вида криви от втора степен - елипси и хиперболи и влияе активно върху позицията на максимумите на плътността. Моделите на разпределение на плътността биха могли следователно да се интерпретират като резултат от специфичното индивидуално съотношение между двата типа криви от втора степен.

В съответствие с този ред на мисли е изводът, че сили с голяма величина се поемат предимно от дорзалните полета на основата на проксималната фаланга. По-високата степен на минерализация на тази ставна повърхност в сравнение с конвексната е доказателство за нейното по-голямо натоварване.

Разширените полета на висока плътност, характерни за главата на първа метакарпална кост показват, че тя има значително по-голяма контактна зона в сравнение с кореспондиращата ставна повърхност. Прави впечатление, че както улнарната, така и, макар и по-рядко, радиалната зона, показват по-ниска степен на минерализация в сравнение с централната област. Ако тази ситуация се сравни с други стави, например колянната става, то се налага изводът, че и за дланно-фалангеалната става на палеца менискусите играят важна роля при преноса и разпределението на товара. Фактът, че тези пластинки са локализиращи в радиалната и улнарната периферна зона, корелира с установената в тези участъци ниска минерализация. Влияейки върху по-благоприятното

разпределение на напреженията, тези структури подпомагат локалното разтоварване и облекчаване на субхондралната пластинка. Менискусите представляват важни, поддържащи нормалната механика ставни компоненти, чието оперативно отстраняване или травматично нарушение променя разпределението на натоварването и води до възникване на патологични процеси.

Putz и Sowa (1997) препоръчват възстановяване на менискусите при наранявания, както и в хода на операции на дланно-фалангеалната става на палеца.

Изследванията на Коебке (1983) показват, че радиалните и дорзалните области на главата на първа метакарпална кост са подложени на твърде висок натиск. Той показва, че в 17 от 24 случая с артроза на дланно-фалангеалната става на палеца е налице и артроза на *art.carpometacarpalis pollicis*, което подчертава функционалната взаимовръзка между ставите на палеца. Вследствие на възникнала в хода на артрозата на *art.carpometacarpalis pollicis* контрактивна аддукция на дланно-фалангеалната става се появява отклонение на линията на действие на *m.abductor pollicis brevis* в радио-дорзална посока, което води до екстензия и абдукция в дланно-фалангеалната става. Тази постоянна позиция на проксималната фаланга определя изместване на контактната точка на резултиращата в радиална посока, което предизвиква свръхнатоварване на тази област. Това потвърждават и нашите изследвания, доказващи наличието на макроскопски установими нарушения на хрущялната покривка на *caput ossis metacarpalis I*.

За функционалната интерпретация на резултатите е от значение наред с геометрията и размера на ставните

повърхности също и ролята на мускулатурата, и на апарата от ставни връзки.

Различният ъгъл на линията на действие на отделните мускули определя различния начин на влияние върху стабилността на ставата. *M. extensor pollicis longus* и *m. abductor pollicis longus* предизвикват известно дорзално изместване на проксималната фаланга. Обратно, *mm. flexores pollicis longus et brevis* и *m. adductor pollicis* водят до нейното палмарно изместване.

Действителната резултираща се получава от сумата на мускулните вектори и от външните действащи сили. При върхово хващане действа екстензионна сила, която трябва да се компенсира чрез флексорите. При това действа транслационна сила, насочена палмарно, която също трябва да бъде компенсирана. Поради това позиционирането на основата на проксималната фаланга спрямо главата на първаметакарпална кост зависи от мускулното взаимодействие. Прекалено големи външни сили или твърде слаби мускули са отговорни за изместването на резултиращата от централната област в палмарната или дорзалната периферна зона. Като израз на промененото положение на резултиращата се явява отклонението и разместването на контактиращите ставни полета. Чрез това при големи величини на действащите сили се ограничава зоната на контакт върху малка повърхност, което задължително води до повишение на локалното напрежение.

Разпределението на субхондралната минерализация и за двете ставни повърхности отразява точно специфичната механична ситуация.

Изместването на позицията на максимумите в дорзалната периферна зона на *basis phalangis proximalis* е израз на по-

високото натоварване в крайната фаза на екстензия, когато е приложена голяма сила.

С напредване на възрастта значение придобиват дегенеративните ставни промени, свързани с каскада от процеси на дезинтеграция на ставния хрущял, основаваща се на несъответствието между локалното напрежение и индивидуалните биологични възможности на хрущяла. Феномените на приспособяване на субхондралната кост към разпределението на напрежението могат да се използват, за да се установят ранни фази на на липсващи натоварвания или на свръхнатоварвания. Компютърната томография и по-точно нейното приложение в рамките на СТ-остеоабсорбциометрията позволяват изобразяване на минерализационните нива в детайли. Чрез сравнение между моделите на минерализация могат да се отграничават преартрозни и артрозни плътностни модели.

Въз основа на експериментални резултати Koebke и Thomas (1979) приемат, че артрозата на *art. carpometacarpalis pollicis* е първично механично обусловена. Опозицията на палеца е свързана с пронаторна ротация на *os metacarpale I*, което води до завъртане на двете седловидни ставни повърхности и чрез това до намаляване на контактните повърхности. В тези зони се развиват особено високи напрежения.

Koebke (1983) наблюдава хрущялни лезии в радиалната област на *caput ossis metacarpalis I* на 24 дланно-фалангеални стави на палеца.

Пронацията води до завъртане също и в областта на дланно-фалангеалната става на палеца, което предизвиква изместване на контактиращите зони в периферните участъци. Локалното напрежение се определя на първо

място от здравината на колатералните лигаменти, които имат стабилизиращ ефект.

При завъртане или изместване в радиална посока, областта на контакт се редуцира и заема малка зона по канта. Измененията в дорзалната област се обясняват с отклонение на контактната повърхност в дорзална посока под действие на товар.

Върху вида на разпределение на напрежението влияят формата на ставните повърхности, ставните връзки, мускулите и менискусите (Anetzberger и сътр., 1994). Всяка промяна на някой от тези фактори води до промяна на разпределението на напрежението, а чрез това и до промяна на разпределението на субхондралната минерализация.

След експериментално отстраняване на менискусите на животни Anetzberger и сътр. (1995) доказват изместване на максимумите на плътността и увеличение на дебелината на субхондралната зона на минерализация в сравнение с контролата. Измененията на тези параметри се интерпретират като приспособяване към променената механична ситуация и се приемат за важен фактор при възникването на механично обусловени артрози.

Описанието на типовете на минерализация на двете ставни повърхности на дланно-фалангеалната става на палеца може да бъде използвано като сравнителна база при преценката на патологични промени на тази става. Въз основа на изследванията може да се приеме, че СТ-ОАМ е уместно да бъде приложена при неясни болестни процеси на ставата, когато има съмнение, че локално свръхнатоварване може да лежи в основата им като причина от механично естество.

#### 4. Изводи и обобщение

Целта на изследванията бе да се проучи адаптацията на дланно-фалангеалната става на палеца към индивидуалната механична ситуация с помощта на 3 морфологични параметъра.

Първо бе проучена геометрията на ставните повърхности и бе доказано, че формата се определя от индивидуално специфичните взаимоотношения между двата вида криви от втора степен - елипси и хиперболи.

Картографските изображения показват като характерна особеност наличие на централно разположени платовидни области.

Изследването на другите два параметъра - дебелината на субхондралната зона на минерализация и плътността на субхондралната кост позволи заключения относно приспособяването на ставата към дълготрайно действащи натоварвания. Използвана бе класификация на моделите на разпределение на двата параметъра, включваща 4 типа.

Както за *caput ossis metacarpalis I*, така и за *basis phalangis proximalis* бе установен преобладаващ полиморфен модел с дорзален главен максимум. В корелация с това е наличието на централни плоски области. Останалите модели на разпределение се интерпретират като следствие на индивидуално специфичното съотношение между двата вида криви - елипси и хиперболи.

Различията в степента на минерализация на двете ставни повърхности се дължат на различния размер на контактните им повърхности.

По-високата степен на минерализация на *basis phalangis proximalis* е доказателство за нейното по-голямо натоварване в сравнение с *caput ossis metacarpalis*.

Сили с голяма величина се поемат предимно от дорзалната зона на *basis phalangis proximalis*.

Разширението на максимумите на плътността в радиална посока показва, че тази област е подложена на по-голямо натоварване, което е най-често в хода на хватателните движения.

Радиално разположените максимуми на плътността корелират с локалните хрущялни лезии в тази област.

Обграждащите дланно-фалангеалната става на палеца мускули определят позиционирането на *basis phalangis proximalis* спрямо *caput ossis metacarpalis* I. Концентрирането на максимуми на плътността в дорзалната област на ставната повърхност на основата на проксималната фаланга показва, че нейната трансляция в дорзална посока и съответстващото на това изместване на контактната повърхност принадлежат към нормалния модел на преноса на сили в тази става.

Сложните хватателни движения изискват идеално съответстваща си пространствена взаимовръзка между двата ставни партньора. Тази става е добър пример за ефекта на комбинацията от няколко стави върху всяка една от тях.

Като част от ставния комплекс на първи пръст дланно-фалангеалната става на палеца получава важната роля на стабилизиращ фактор, което е от голямо значение в хода на



опозицията на палеца. Индивидуалните разпределения на субхондралната костна плътност са израз на тази особена функция.

Получените резултати за разпределението на субхондралната минерализация в тази става могат да намерят клинично приложение, когато в хода на клинично изследване на дланно-фалангеалната става на палеца съществува съмнение, че ставната патология е механично обусловена. При неясен патологичен процес в тази става наличието на абнормно положение на високи стойности на плътността може да е обяснение в контекста на преартроза.

Публикации във връзка с дисертационния труд

1. Терзиева С. Модели на субхондралната минерализация на дланно-фалангеалната става на палеца, *Journal of Anthropology*, Vol. 2, 1999, 191-205

Изнесени научни съобщения във връзка с дисертацията

1. С. Терзиева Модели на разпределение на субхондралната костна тъкан на дланно-фалангеалната става на палеца. Традиционни дни на Медицински университет — Варна, Научна сесия, 27-28. Ноември 1998, Програма и резюмета на докладите и постерните съобщения, стр.22
2. **Terzieva S.** Study of the geometry of the joint bodies of the metacarpophalangeal joint of the thumb. XIV National Congress of Anatomy, Histology and Embryology with International Participation, Abstracts. Pleven , 17-19 Sept., 1999, p.13.
3. **S.Tersieva, R. Putz** MP-joint of the thumb – analysis of the thickness of the subchondral plate. XV National Congress of the Bulgarian Anatomical Society, Abstracts, Stara Zagora, June 1-3, 2001, p.92